

DOCKET NO.: 211641US2PCT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kouji YOSHIDA

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HEREWITH

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP00/00182

INTERNATIONAL FILING DATE: January 18, 2000

FOR: PATTERN MATCHING METHOD AND UNIT, POSITION DETECTION METHOD AND UNIT, ALIGNMENT METHOD AND UNIT, EXPOSURE METHOD AND APPARATUS, AND DEVICE AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

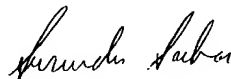
**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

COUNTRY
Japan**APPLICATION NO**
11/8986**DAY/MONTH/YEAR**
18 January 1999

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. **PCT/JP00/00182**. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.Marvin J. Spivak
Attorney of Record
Registration No. 24,913
Surinder Sachar
Registration No. 34,423

22850

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 1/97)

This Page Blank (uspto)

DOCKET NO.: 211641US2PCT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kouji YOSHIDA

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HEREWITH

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP00/00182

INTERNATIONAL FILING DATE: January 18, 2000

FOR: PATTERN MATCHING METHOD AND UNIT, POSITION DETECTION METHOD AND UNIT, ALIGNMENT METHOD AND UNIT, EXPOSURE METHOD AND APPARATUS, AND DEVICE AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

REQUEST FOR CONSIDERATION OF DOCUMENTS
CITED IN INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Assistant Commissioner for Patents

Washington, D.C. 20231

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that applicant(s) request that the Examiner consider the documents cited in the International Search Report according to MPEP §609 and so indicate by a statement in the first Office Action that the information has been considered. When the Form PCT/DO/EO/903 indicates both the search report and copies of the documents are present in the national stage file, there is no requirement for the applicant(s) to submit them (1156 O.G. 91 November 23, 1993).

Respectfully submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



22850

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 1/97)

Marvin J. Spivak
Attorney of Record
Registration No. 24,913
Surinder Sachar
Registration No. 34,423

This Page Blank (uspto)

This Page Blank (uspto)

4

09/869293

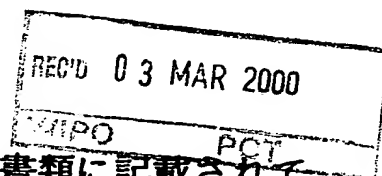
PCT/JP00/00182

18.01.00

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

2000/182



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年 1月18日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第008986号

出願人

Applicant (s):

株式会社ニコン

PRIORITY

DOCUMENT

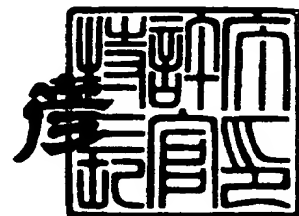
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 2月18日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤隆彦



出証番号 出証特2000-3006983

【書類名】 特許願

【整理番号】 98-01456

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社 ニコ
ン内

【氏名】 吉田 幸司

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社 ニコン

【代理人】

【識別番号】 100102901

【弁理士】

【氏名又は名称】 立石 篤司

【電話番号】 03-3354-4251

【代理人】

【識別番号】 100099793

【弁理士】

【氏名又は名称】 川北 喜十郎

【電話番号】 03-5362-3180

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 053132

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 パターンマッチング方法及びパターンマッチング装置、位置検出方法及び位置検出装置、位置合わせ方法、並びに露光方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 1 つのパラメータの値の変化に応じて値が変化する信号の波形について、テンプレートマッチングを行うパターンマッチング方法であって、

計測された複数の信号波形に基づいて、前記パラメータの値それぞれにおける信号値の生起確率分布を推定する第 1 工程と；

前記生起確率分布に基づいて、前記パラメータの値それぞれにおける信号値の期待値から成る波形テンプレートと、前記パラメータの値それぞれにおける前記期待値の生起確率情報から成る確率テンプレートとを生成する第 2 工程と；

前記確率テンプレートにおける前記期待値の生起確率情報を前記パラメータの各値における重み情報としつつ、計測された新たな信号波形と前記波形テンプレートとのテンプレートマッチングを行う第 3 工程とを含むパターンマッチング方法。

【請求項 2】 前記生起確率分布は正規分布であることを特徴とする請求項 1 に記載のパターンマッチング方法。

【請求項 3】 前記期待値は、前記パラメータの値それぞれにおいて計測された信号値の平均値であり、

前記生起確率情報は、前記期待値における前記生起確率分布の確率密度関数値に応じた値であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のパターンマッチング方法。

【請求項 4】 前記新たな信号波形及び前記生起確率分布に基づいて、前記パラメータの値それぞれにおける信号値の新たな期待値から成る新たな波形テンプレートと、前記パラメータの値それぞれにおける前記新たな期待値の生起確率情報から成る新たな確率テンプレートとを生成する第 4 工程とを更に含み、

前記第 4 工程と前記第 3 工程とを順次繰り返して行うことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のパターンマッチング方法。

【請求項 5】 複数の計測された信号波形に基づいて生成された波形信号のテンプレートを使用して、順次計測された信号波形とテンプレートマッチングするパターンマッチング方法であって、

前記テンプレートを使用して、計測された新たな信号波形をテンプレートマッチングする第 1 工程と；

前記新たな信号波形を更に加えた複数の信号波形に基づいて、前記信号波形の新たなテンプレートを生成する第 2 工程とを含み、

前記第 1 工程と前記第 2 工程とを繰り返して行うことを特徴とするパターンマッチング方法。

【請求項 6】 少なくとも 1 つのパラメータの値の変化に応じて値が変化する信号の波形について、テンプレートマッチングを行うパターンマッチング装置であって、

計測された複数の信号波形から推定された、前記パラメータ値それぞれにおける信号値の生起確率分布に基づいて、前記パラメータの値それぞれにおける信号値の期待値から成る波形テンプレートと、前記パラメータ値それぞれにおける前記期待値の生起確率情報から成る確率テンプレートとを生成するテンプレート生成装置と；

前記確率テンプレートにおける前記期待値の生起確率情報を前記パラメータの各値における重み情報としつつ、計測された新たな信号波形と前記波形テンプレートとのテンプレートマッチングを行うマッチング判定装置とを備えるパターンマッチング装置。

【請求項 7】 前記テンプレート生成装置は、前記新たな信号波形及び前記生起確率分布に基づいて、該生起確率分布に基づいて、新たな波形テンプレート及び確率テンプレートを生成することを特徴とする請求項 6 に記載のパターンマッチング装置。

【請求項 8】 テンプレートマッチングを行うパターンマッチング装置であって、

計測された複数の信号波形に基づいて、信号波形のテンプレートを生成するテンプレート生成装置と；

前記テンプレートを使用して、新たな信号波形のテンプレートマッチングを行うマッチング判定装置とを備え、

前記テンプレート生成装置は、前記複数の信号波形及び前記新たな信号波形に基づいて新たなテンプレートを生成することを特徴とするパターンマッチング装置。

【請求項 9】 被検体に形成された特定マークの位置を検出する位置検出方法であって、

前記被検体に形成され、前記特定マークとほぼ同一形状の複数のマークを計測する第 1 工程と；

前記特定マークを計測する第 2 工程と；

前記複数のマークそれぞれについて計測された信号波形を複数の信号波形とし、前記特定マークについて計測された信号波形を新たな信号波形とし、位置をパラメータとして、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載のパターンマッチング方法によってパターンマッチングを行う第 3 工程と；

前記パターンマッチングの結果に基づいて、前記特定マークの位置を求める第 4 工程とを含む位置検出方法。

【請求項 1 0】 前記特定マークは第 1 方向で周期的に変化し、前記パラメータは前記第 1 方向に関する位置であることを特徴とする請求項 9 に記載の位置検出方法。

【請求項 1 1】 前記特定マークは、前記第 1 方向とは異なる第 2 方向でも周期的に変化し、前記パラメータは前記第 1 方向及び前記第 2 方向で定義される平面における 2 次元位置であることを特徴とする請求項 1 0 に記載の位置検出方法。

【請求項 1 2】 被検体に形成された特定マークの位置を検出する位置検出装置であって、

前記特定マーク及び前記被検体に形成された前記特定マークとほぼ同一形状の複数のマークを計測する計測装置と；

前記複数のマークそれぞれについて計測された信号波形を複数の信号波形とし、前記特定マークについて計測された信号波形を新たな信号波形とし、位置をパラ

メータとして、パターンマッチングを行う請求項 6～8 のいずれか一項に記載の
パターンマッチング装置と；

前記パターンマッチングの結果に基づいて、前記特定マークの位置を求める処
理装置とを備える位置検出装置。

【請求項 13】 前記計測装置は、前記被検体に形成されたマークを撮像す
る撮像装置を有し、

前記信号波形は、前記撮像装置によって撮像されたマーク像における、位置に
応じた光強度の変化であることを特徴とする請求項 12 に記載の位置検出装置。

【請求項 14】 互いにほぼ同一形状の第 1 の数のマークが形成された被検
体の位置合わせを行う位置合わせ方法であって、

前記第 1 の数のマークから選択された第 2 の数のマークそれぞれを順次特定マ
ークとして、請求項 9～11 のいずれか一項に記載の位置検出方法によって、前
記第 2 の数のマークの前記被検体上の位置を求める第 1 工程と；

前記第 1 工程において求められた前記第 2 の数のマークの位置に基づいて、前
記被検体の位置合わせを行う第 2 工程とを含む位置合わせ方法。

【請求項 15】 マスクに形成されたパターンを基板上の区画領域に転写す
る露光方法であって、

前記基板を被検体とし、前記基板上に形成され、互いにほぼ同一形状を有する
第 1 の数の位置合わせマークから選択された第 2 の数の位置合わせマークそれ
ぞれを順次特定マークとして、請求項 9～11 のいずれか一項に記載の位置検出
方法によって、前記第 2 の数の位置合わせマークの前記基板上の位置を求め、前
記区画領域の前記基板上の位置を求める第 1 工程と；

前記第 1 工程において求められた前記区画領域の前記基板上の位置に基づいて
、前記基板の位置合わせを行いつつ、前記区画領域に前記パターンを転写する第
2 工程とを含む露光方法。

【請求項 16】 前記複数の区画領域は、前記基板上にマトリクス状に配列
され、

前記位置合わせマークは、前記マトリクスの行方向に関する位置合わせに使用
され、互いにほぼ同一形状を有する第 3 の数の第 1 位置合わせマークと、前記マ

トリクスの列方向に関する位置合わせに使用され、互いにほぼ同一形状を有する第 4 の数の第 2 位置合わせマークとから成り、

前記第 1 工程では、前記第 3 の数の第 1 位置合わせマークから選択された第 5 の数の第 1 位置合わせマークそれぞれを順次特定マークとして、請求項 9 ～ 1 1 のいずれか一項に記載の位置検出方法によって、前記第 5 の数の第 1 位置合わせマークの前記基板上における前記行方向に関する位置を求めるとともに、前記第 4 の数の第 2 位置合わせマークから選択された第 6 の数の第 2 位置合わせマークそれぞれを順次特定マークとして、請求項 9 ～ 1 1 のいずれか一項に記載の位置検出方法によって、前記第 6 の数の第 2 位置合わせマークの前記基板上における前記列方向に関する位置を求め、前記第 5 の数の第 1 位置合わせマークの行方向位置と前記第 6 の数の第 2 位置合わせマークの列方向位置とを統計処理して、前記の区画領域の前記基板上の位置を求めることを特徴とする請求項 1 5 に記載の露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、パターンマッチング方法及びパターンマッチング装置、位置検出方法及び位置検出装置、位置合わせ方法、並びに露光方法に係り、さらに詳しくは、実際に計測された信号波形から生成されたテンプレートを用いるパターンマッチング方法及びパターンマッチング装置、前記パターンマッチング方法によって新たな信号波形をパターンマッチングした結果に基づいて被検体の位置を検出する位置検出方法及び位置検出装置、前記位置検出方法による被検体の位置の検出結果に基づいて被検体の位置合わせを行う位置合わせ方法、並びに該位置合わせ方法を利用する露光方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の

基板（以下、適宜「感応基板又はウエハ」という）上に転写する露光装置が用いられている。こうした露光装置としては、いわゆるステッパ等の静止露光型の投影露光装置や、いわゆるスキャニング・ステッパ等の走査露光型の投影露光装置が主として用いられている。

【0003】

かかる露光装置においては、露光に先立ってレチクルとウエハとの位置合わせ（アライメント）を高精度に行う必要がある。このアライメントを行うために、ウエハ上には以前のフォトリソグラフィ工程で形成（露光転写）された位置検出用マーク（アライメントマーク）が、各ショット領域に付設されており、このアライメントマークの位置を検出することで、ウエハ（又はウエハ上の回路パターン）の位置を検出することができる。そして、ウエハ（又はウエハ上の回路パターン）の位置の検出結果に基づいて、アライメントが行われる。

【0004】

このため、アライメントの精度は、アライメントマークの位置検出精度によって決まることになる。したがって、アライメントを高精度に行うためには、アライメントマークの位置検出を高精度に行うことが必要となる。

【0005】

ところで、ウエハ上のアライメントマークの位置検出にはいくつかの方法が実用化されているが、いずれの方法においても位置検出用の検出器によって得られたアライメントマークの検出結果信号の波形を解析して、ウエハ上のアライメントマークの位置を検出している。例えば、最近の主流となっている画像検出による位置検出では、アライメントマークの光学像を撮像装置によって撮像し、その撮像信号すなわちその像の光強度分布を解析してアライメントマーク位置を検出している。

【0006】

かかる信号波形の解析の手法として、撮像されたアライメントマークの位置をパラメータとし、予め用意されたテンプレート波形との相関を調べるパターンマッチング（テンプレートマッチング）の手法が注目されている。このパターンマッチングの手法を使用して信号波形を解析し、最もテンプレート波形との相関が

高いパラメータ値を求めることにより、アライメントマークの位置が検出される。

【0007】

上記のパターンマッチングに使用されるテンプレート波形としては、アライメントマークの形状の設計値から求められる理論的な信号波形、又は、予め所定数のアライメントマークの実際の検出信号の波形を計測し、それらの信号波形を平均して求められた平均値波形が使用されていた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

上述の理論的な信号波形をテンプレート波形としたときには、設計上のアライメントマークの形状と、実際のアライメントマークの形状との相違の態様によっては、アライメントマークの位置の検出結果に無視できない誤差が生じることになる。これに対して、上述の平均値波形をテンプレート波形としたときには、かかる誤差は回避できる。

【0009】

ところで、平均値波形は、計測された複数の信号波形について、個々の位置座標における信号値（例えば、光強度を反映した電圧値）の平均値を求めることにより求められていた。しかし、実際に計測された複数の信号波形では、一般に、どの信号波形においても安定して平均値近傍の信号レベルであるような位置と、信号レベルにバラツキがある位置がある。このため、特に信号レベルのバラツキが非常に大きな位置がある場合には、バラツキの大きな位置を除いた位置についてのみを考慮したパターンマッチングを行った方が、全ての位置を考慮したパターンマッチングを行ったときよりも処理量が少ないにも拘わらず、正確な位置を検出することができる場合もある。

【0010】

また、平均値波形をテンプレート波形とするにあたって予め計測する信号波形は有限個なので、テンプレート波形の生成にあたって反映されなかった信号波形が新たに計測された場合には、かかる信号波形については常にマッチング精度が悪くなってしまう。特に、新たに計測された信号波形が、テンプレート波形の生

成に使用された信号波形の内挿では表現できない場合には、マッチング精度が低下することになる。かかる事態を回避するためには、予め非常に多くの信号波形を計測し、計測され得る信号波形を網羅したテンプレート波形を生成することが必要となるので、テンプレートマッチングのための準備作業であるテンプレート生成に多大な時間を費やすことになってしまう。

【0 0 1 1】

本発明は、かかる事情のもとでなされたものであり、その第1の目的は、テンプレートの生成が容易でかつテンプレートマッチング精度を向上したテンプレートマッチングを行うことが可能なパターンマッチング方法及びパターンマッチング装置を提供することにある。

【0 0 1 2】

また、本発明の第2の目的は、計測されたマークの位置検出を精度良く行うことが可能な位置検出方法及び位置検出装置を提供することにある。

【0 0 1 3】

また、本発明の第3の目的は、マークが形成された物体の位置合わせを精度良く行うことが可能な位置合わせ方法を提供することにある。

【0 0 1 4】

また、本発明の第4の目的は、所定のパターンを基板に精度良く転写することが可能な露光方法を提供することにある。

【0 0 1 5】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1のパターンマッチング方法は、少なくとも1つのパラメータの値の変化に応じて値が変化する信号の波形について、テンプレートマッチングを行うパターンマッチング方法であって、計測された複数の信号波形に基づいて、前記パラメータの値それぞれにおける信号値の生起確率分布を推定する第1工程と；前記生起確率分布に基づいて、前記パラメータの値それぞれにおける信号値の期待値から成る波形テンプレートと、前記パラメータの値それぞれにおける前記期待値の生起確率情報から成る確率テンプレートとを生成する第2工程と；前記確率テンプレートにおける前記期待値の生起確率情報を前記パラメータの各値に

おける重み情報としつつ、前記波形テンプレートに対して、計測された新たな信号波形と前記波形テンプレートとのテンプレートマッチングを行う第3工程とを含む。

【0016】

これによれば、波形テンプレートを使用して新たな信号波形のテンプレートマッチングを行うにあたって、パラメータの各値における波形テンプレートの値すなわちパラメータの各値における信号値の期待値の生起確率に応じて、テンプレートマッチングのための相関演算におけるパラメータの各値に重みを変化させる。すなわち、期待値の生起確率が高い場合には重みを大きくし、期待値の生起確率が低い場合には重みを小さくする。この結果、波形テンプレートの生成に使用された複数の実測された信号波形において、どの信号波形においても安定して期待値近傍の信号値であるようなパラメータの値では重みが大きくなり、また、信号レベルにバラツキがあるパラメータの値では重みが小さくなる。このため、波形テンプレートの生成に使用された複数の実測された信号波形に対応するパターン情報の全てを合理的に反映して、パターンマッチングを行うことができる。したがって、従来のテンプレートマッチング方法と比べて、マッチング精度を向上したテンプレートマッチングを行うことができる。

【0017】

本発明の第1のパターンマッチング方法では、前記生起確率分布として正規分布を採用することができる。このように、生起確率分布を正規分布と推定することは、計測される信号波形のバラツキが正規分布に従うと考えられる場合に特に有効である。なお、生起確率分布が既知である場合には、その確率分布を使用すればよい。一方、生起確率分布が全く未知である場合には、最も一般的な確率分布である正規分布を生起確率分布として推定することが合理的であると考えられる。

【0018】

また、本発明の第1のパターンマッチング方法では、前記期待値を前記パラメータの値それぞれにおいて計測された信号値の平均値とし、前記生起確率情報を前記期待値における前記生起確率分布の確率密度関数値に応じた値とすることが

できる。かかる場合には、テンプレート生成に使用される信号波形から、波形テンプレート及び確率テンプレートを容易に生成することができる。例えば、生起確率分布を正規分布とすると、パラメータの各値における期待値が生起確率の最も高い値となり、また、パラメータを X としたときの生起確率情報 $P(X)$ が、標準偏差を σ として、

$$P(X) = 1 / \{ (2\pi)^{1/2} \sigma \} \quad \dots (1)$$

となり、簡易に求めることができる。

【0019】

また、本発明の第1のパターンマッチング方法では、前記新たな信号波形及び前記生起確率分布に基づいて、前記パラメータの値それぞれにおける信号波形の新たな期待値から成る新たな波形テンプレートと、前記パラメータの値それぞれにおける前記新たな期待値の生起確率情報から成る新たな確率テンプレートとを生成する第4工程とを更に含み、前記第4工程と前記第3工程とを順次繰り返して行うことにすることができる。かかる場合には、新たな信号波形が計測され、パターンマッチングが行われる毎に、該新たな信号波形を新たに加えて生成された波形テンプレート及び確率テンプレートにテンプレートが更新される。すなわち、新たな信号波形の計測毎に学習が行われ、学習結果がテンプレートに反映される。したがって、テンプレートの生成に使用された信号波形としては反映されていなかった形状の信号波形が新たに計測された場合には、次に同様の信号波形が計測された場合にはマッチング精度良くテンプレートマッチングを行うことができる。すなわち、マッチング精度の良いテンプレートを容易に生成することができる。

【0020】

本発明の第2のパターンマッチング方法は、複数の計測された信号波形に基づいて生成された波形信号のテンプレートを使用して、順次計測された信号波形とテンプレートマッチングするパターンマッチング方法であって、前記テンプレートを使用して、計測された新たな信号波形をテンプレートマッチングする第1工程と；前記新たな信号波形を更に加えた複数の信号波形に基づいて、前記信号波形の新たなテンプレートを生成する第2工程とを含み、前記第1工程と前記第2

工程とを繰り返して行うことを特徴とする。

【0021】

これによれば、上記の新たな信号波形について学習する場合について説明したのと同様に、テンプレートの生成に使用された信号波形としては反映されていなかった形状の信号波形が新たに計測された場合には、次に同様の信号波形が計測された場合にはマッチング精度良くテンプレートマッチングを行うことができる。

【0022】

本発明の第1のパターンマッチング装置は、少なくとも1つのパラメータの値の変化に応じて変化する信号の波形について、テンプレートマッチングを行うパターンマッチング装置であって、計測された複数の信号波形から推定された、前記パラメータ値それぞれにおける信号値の生起確率分布に基づいて、前記パラメータの値それぞれにおける信号値の期待値から成る波形テンプレートと、前記パラメータ値それぞれにおける前記期待値の生起確率情報から成る確率テンプレートとを生成するテンプレート生成装置(32)と；前記確率テンプレートにおける前記期待値の生起確率情報を前記パラメータの各値における重み情報としつつ、前記波形テンプレートに対して、計測された新たな信号波形と前記波形テンプレートとのテンプレートマッチングを行うマッチング判定装置(33)とを備える。

【0023】

これによれば、本発明の第1のパターンマッチング方法を使用してパターンマッチングを行うので、波形テンプレートの生成に使用された複数の実測された信号波形に対応するパターン情報を合理的に反映されるので、マッチング精度を向上したテンプレートマッチングを行うことができる。

【0024】

本発明の第1のパターンマッチング装置では、前記テンプレート生成装置(32)が、前記新たな信号波形及び前記生起確率分布に基づいて、新たな波形テンプレート及び確率テンプレートを生成することに行うことができる。かかる場合には、上述した学習機能を更に加えたパターンマッチングを行うことができる。

【0025】

本発明の第2のパターンマッチング装置は、テンプレートマッチングを行うパターンマッチング装置であって、計測された複数の信号波形に基づいて、信号波形のテンプレートを生成するテンプレート生成装置（32）と；前記テンプレートを使用して、新たな信号波形のテンプレートマッチングを行うマッチング判定装置（33）とを備え、前記テンプレート生成装置は、前記複数の信号波形及び前記新たな信号波形に基づいて新たなテンプレートを生成することを特徴とする。

【0026】

これによれば、本発明の第2のパターンマッチング方法を使用してパターンマッチングを行うので、新たな形状の信号波形について、次に同様の信号波形が計測された場合にはマッチング精度良くテンプレートマッチングを行うことができる。

【0027】

本発明の位置検出方法は、被検体（W）に形成された特定マークの位置を検出する位置検出方法であって、前記被検体に形成され、前記特定マークとほぼ同一形状の複数のマークを計測する第1工程と；前記特定マークを計測する第2工程と；前記複数のマークそれぞれについて計測された信号波形を複数の信号波形とし、前記特定マークについて計測された信号波形を新たな信号波形とし、位置をパラメータとして、本発明のパターンマッチング方法によってパターンマッチングを行う第3工程と；前記パターンマッチングの結果に基づいて、前記特定マークの位置を求める第4工程とを含む。

【0028】

これによれば、計測された信号波形を使用して、本発明のパターンマッチング方法によって、波形テンプレート及び確率テンプレートを生成して、テンプレートマッチングをマッチング精度良く行う。そして、マッチング精度良く行われたテンプレートマッチングの結果に基づいて、位置検出対象である特定マークの位置を検出するので、位置検出を精度良く行うことができる。

【0029】

本発明の位置検出方法では、前記特定マークが第 1 方向で周期的に変化するマークである場合に、前記パラメータを前記第 1 方向に関する位置として、特定マークの第 1 方向に関する位置を検出することができる。また、本発明の位置検出方法では、前記特定マークが第 1 方向及び第 1 方向とは異なる第 2 方向で周期的に変化するマークである場合に、前記パラメータは前記第 1 方向及び前記第 2 方向で定義される平面における 2 次元位置として、特定マークの前記平面における 2 次元位置を検出することができる。

【 0 0 3 0 】

本発明の位置検出装置は、被検体 (W) に形成された特定マークの位置を検出する位置検出装置であって、前記特定マーク及び前記被検体に形成された前記特定マークとほぼ同一形状の複数のマークを計測する計測装置 (A S, 3 7) と；前記複数のマークそれぞれについて計測された信号波形を複数の信号波形とし、前記特定マークについて計測された信号波形を新たな信号波形とし、位置をパラメータとして、パターンマッチングを行う本発明のパターンマッチング装置 (3 1) と；前記パターンマッチングの結果に基づいて、前記特定マークの位置を求める処理装置 (3 8) とを備える。

【 0 0 3 1 】

これによれば、本発明の位置検出方法を使用して、マークの位置検出を行うので、マーク位置を精度良く検出を行うことができる。

【 0 0 3 2 】

本発明の位置検出装置では、例えば、前記計測装置 (A S, 3 7) が前記被検体に形成されたマークを撮像する撮像装置 (A S) を有する構成とし、前記信号波形を、前記撮像装置 (A S) によって撮像されたマーク像における、位置に応じた光強度の変化とすることがすることができる。

【 0 0 3 3 】

本発明の位置合わせ方法は、互いにほぼ同一形状の第 1 の数のマークが形成された被検体の位置合わせを行う位置合わせ方法であって、前記第 1 の数のマークから選択された第 2 の数のマークそれぞれを順次特定マークとして、本発明の位置検出方法によって、前記第 2 の数のマークの前記被検体上の位置を求める第 1

工程と；前記第1工程において求められた前記第2の数のマークの位置に基づいて、前記被検体の位置合わせを行う第2工程とを含む。

【0034】

これによれば、本発明の位置検出方法を使用して、被検体に形成された第2の数のマークの位置を高精度で検出し、その検出結果に基づいて被検体の位置合わせを行うので、被検体を精度良く位置合わせすることができる。

【0035】

本発明の露光方法は、マスク（R）に形成されたパターンを基板（W）上の区画領域（SA）に転写する露光方法であって、前記基板を被検体とし、前記基板上に形成され、互いにほぼ同一形状を有する第1の数の位置合わせマークから選択されたを第2の数の位置合わせマークそれぞれを順次特定マークとして、本発明の位置検出方法によって、前記第2の数の位置合わせマークの前記基板上の位置を求め、前記区画領域の前記基板上の位置を求める第1工程と；前記第1工程において求められた前記区画領域の前記基板上の位置に基づいて、前記基板の位置合わせを行いつつ、前記区画領域に前記パターンを転写する第2工程とを含む。

【0036】

これによれば、本発明の位置検出方法を使用して、基板に形成された第2の数の位置合わせマークの位置を高精度で検出し、その検出結果に基づいて基板の位置合わせを行いつつ、区画領域にパターンを転写する。すなわち、本発明の位置合わせ方法を使用して高精度に基板を位置合わせしつつ、区画領域にパターンを転写する。したがって、パターンを精度良く区画領域に転写することができる。

【0037】

本発明の露光方法では、前記複数の区画領域が前記基板上にマトリクス状に配列されているとき、前記位置合わせマークを、前記マトリクスの行方向に関する位置合わせに使用され、互いにほぼ同一形状を有する第3の数の第1位置合わせマークと、前記マトリクスの列方向に関する位置合わせに使用され、互いにほぼ同一形状を有する第4の数の第2位置合わせマークとから構成し、前記第1工程では、前記第3の数の第1位置合わせマークから選択された第5の数の第1位置

合わせマークそれぞれを順次特定マークとして、本発明の位置検出方法によって、前記第 5 の数の第 1 位置合わせマークの前記基板上における前記行方向に関する位置を求めるとともに、前記第 4 の数の第 2 位置合わせマークから選択された第 6 の数の第 2 位置合わせマークそれぞれを順次特定マークとして、本発明の位置検出方法によって、前記第 6 の数の第 2 位置合わせマークの前記基板上における前記列方向に関する位置を求め、前記第 5 の数の第 1 位置合わせマークの行方向位置と前記第 6 の数の第 2 位置合わせマークの列方向位置とを統計処理して、前記区画領域の前記基板上の位置を求めることにすることができる。かかる場合には、区画領域の基板上の 2 次元位置を精度良く検出でき、その検出結果にもとづいて、高精度に基板を位置合わせしつつ、各区画領域にパターンを転写するので、マトリクス状に配列された区画領域中の任意区画領域に精度良くパターンを転写することができる。

【 0 0 3 8 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を、図 1 ～図 9 を参照して説明する。

【 0 0 3 9 】

図 1 には、本発明の一実施形態に係る露光装置 1 0 0 の概略構成が示されている。この露光装置 1 0 0 は、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置である。この露光装置 1 0 0 は、照明系 1 0、マスクとしてのレチクル R を保持するレチクルステージ R S T、投影光学系 P L、基板（被検体）としてのウエハ W が搭載されるウエハステージ W S T、撮像装置としてのアライメント顕微鏡 A S、及び装置全体を統括制御する主制御系 2 0 等を備えている。

【 0 0 4 0 】

前記照明系 1 0 は、光源、フライアイレンズ等からなる照度均一化光学系、リレーレンズ、可変 N D フィルタ、レチクルブラインド、及びダイクロイックミラー等（いずれも不図示）を含んで構成されている。こうした照明系の構成は、例えば、特開平 1 0 - 1 1 2 4 3 3 号公報に開示されている。この照明系 1 0 では、回路パターン等が描かれたレチクル R 上のレチクルブラインドで規定されたスリット状の照明領域部分を照明光 I L によりほぼ均一な照度で照明する。

【0041】

前記レチクルステージRST上にはレチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。レチクルステージRSTは、ここでは、磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータから成る不図示のレチクルステージ駆動部によって、レチクルRの位置決めのため、照明系10の光軸（後述する投影光学系PLの光軸AXに一致）に垂直なXY平面内で微少駆動可能であるとともに、所定の走査方向（ここではY方向とする）に指定された走査速度で駆動可能となっている。さらに、本実施形態では上記磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータはX駆動用コイル、Y駆動用コイルの他にZ駆動用コイルを含んでいるため、Z方向にも微小駆動可能となっている。

【0042】

レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置はレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16によって、移動鏡15を介して、例えば0.5~1nm程度の分解能で常時検出される。レチクル干渉計16からのレチクルステージRSTの位置情報はステージ制御系19に送られ、ステージ制御系19はレチクルステージRSTの位置情報に基づいてレチクルステージ駆動部（図示省略）を介してレチクルステージRSTを駆動する。

【0043】

前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、その光軸AXの方向がZ軸方向とされている。投影光学系PLとしては、両側テレセントリックで所定の縮小倍率（例えば1/5、又は1/4）を有する屈折光学系が使用されている。このため、照明光学系からの照明光ILによってレチクルRの照明領域が照明されると、このレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PLを介してその照明領域内のレチクルRの回路パターンの縮小像（部分倒立像）が表面にレジスト（感光剤）が塗布されたウエハW上に形成される。

【0044】

前記ウエハステージWSTは、投影光学系PLの図1における下方で、ベースBS上に配置され、このウエハステージWST上には、ウエハホルダ25が載置

されている。このウェハホルダ 25 上にウェハ W が例えば真空吸着等によって固定されている。ウェハホルダ 25 は不図示の駆動部により、投影光学系 P L の光軸直交面に対し、任意方向に傾斜可能で、かつ投影光学系 P L の光軸 A X 方向（Z 方向）にも微動可能に構成されている。また、このウェハホルダ 25 は光軸 A X 回りの微小回転動作も可能になっている。

【0045】

ウェハステージ W S T は走査方向（Y 方向）の移動のみならず、ウェハ W 上の複数のショット領域を前記照明領域と共役な露光領域に位置させることができるように、走査方向に垂直な方向（X 方向）にも移動可能に構成されており、ウェハ W 上の各ショット領域を走査（スキャン）露光する動作と、次のショットの露光開始位置まで移動する動作とを繰り返すステップ・アンド・スキャン動作を行う。このウェハステージ W S T はモータ等を含むウェハステージ駆動部 24 により X Y 2 次元方向に駆動される。

【0046】

ウェハステージ W S T の X Y 平面内での位置はウェハレーザ干渉計 18 によって、移動鏡 17 を介して、例えば 0.5 ~ 1 nm 程度の分解能で常時検出されている。ウェハステージ W S T の位置情報（又は速度情報）W P V はステージ制御系 19 に送られ、ステージ制御系 19 はこの位置情報（又は速度情報）W P V に基づいてウェハステージ W S T を制御する。

【0047】

前記アライメント顕微鏡 A S は、投影光学系 P L の側面に配置された、オフアクシス方式のアライメントセンサである。このアライメント顕微鏡 A S は、ウェハ W 上の各ショット領域に付設されたアライメントマーク（ウェハマーク）の撮像結果を出力する。アライメントマークとしては、例えば、図 2（A）に示されるようなウェハ W 上のショット領域 S A の周囲のストリートライン上に形成された、位置合わせマークとしての X 方向位置検出用のマーク M X と Y 方向位置検出用のマーク M Y とが使用される。このため、実際には、X 方向位置検出用及び Y 方向位置検出用に 2 つのアライメント顕微鏡 A S X 及びアライメント顕微鏡 A S Y が配置されているが、図 1 においては、1 つのアライメント顕微鏡 A S で、2

つのアライメント顕微鏡が代表的に示されている。各マークMX、MYとしては、例えば、図2（B）において拡大されたマークMXで代表して示されるように、検出位置方向について周期構造を有するラインアンドスペースマークを使用することができる。アライメント顕微鏡ASは、その撮像結果である撮像データIMDを主制御系20へ向けて出力する（図1参照）。

【0048】

ウエハWにおけるマークMXの形成領域は、図3（A）のXZ断面で示されるように、基層51の表面にライン部53とスペース部55とがX方向に交互に形成されており、ライン部53及びスペース部55の表面にレジスト層57が形成されている。レジスト層57の材質は、例えばポジ型レジスト材や化学増幅型レジストであり、高い光透過性を有している。また、基層51の材質とライン部53の材質とは互いに異なっており、一般に反射率や透過率が互いに異なっている。また、ライン部53の材質とスペース部55の材質とは互いに異なっており、反射率や透過率が一般に異なる。

【0049】

ここで、ライン部53の材質がアルミニウム等の反射率が高いものであり、基層51の材質がライン部53の材質ほどは反射率が高いものではなく、また、スペース部55の材質は、基層51の材質より更に反射率が低いものであるとする。そして、基層51、ライン部53、及びスペース部55の上面、並びにライン部53とスペース部55との境界面はほぼ平坦であるとする。このとき、上方から照明光を照射し、マークMXの形成領域における反射光による像を上方で観察すると、その像における光強度IのX方向分布は、図3（B）に示されるものとなる。すなわち、観察像において、ライン部53の上面に対応する位置で光強度が最も大きく且つ一定であり、基層51上面に対応する位置で光強度が次に大きく且つ一定であり、そして、ライン部53の上面と基層51上面との間では、光強度がJ字（又は、し字）状に変化する。

【0050】

前記主制御系20は、図4に示されるように、主制御装置30と記憶装置40とを備えている。主制御装置30は、ステージ制御系19にステージ制御データ

S C D を供給する等して露光装置 100 の動作を制御する制御装置 39 と位置演算装置 36 とから構成されており、該位置演算装置 36 は、パターンマッチング装置 31 と、撮像データ収集装置 37 と、処理装置としてのマーク位置算出装置 38 とを備えている。そして、パターンマッチング装置 31 は、テンプレート生成装置 32 とマッチング判定装置 33 とを備えている。また、記憶装置 40 は、その内部に撮像データ格納領域 41 と、波形テンプレート格納領域 42 と、確率テンプレート格納領域 43 と、パターンマッチング結果格納領域 44 と、マーク位置格納領域 45 とを有している。前述のアライメント顕微鏡 A S と位置演算装置 36 とから位置検出装置が構成され、また、アライメント顕微鏡 A S と撮像データ収集装置 37 とから計測装置が構成されている。なお、図 4 においては、データの流れが実線矢印で示され、制御の流れが点線矢印で示されている。主制御系 20 の各装置の作用は後述する。

【0051】

なお、本実施形態では、主制御装置 30 を上記のように、装置を組み合わせる構成したが、主制御装置 30 を計算機システムとして構成し、主制御装置 30 を構成する上記の各装置の機能を主制御装置 30 に内蔵されたプログラムによって実現することも可能である。

【0052】

図 1 に戻り、露光装置 100 には、投影光学系 P L の最良結像面に向けて複数のスリット像を形成するための結像光束を光軸 A X 方向に対して斜め方向より供給する照射光学系 13 と、その結像光束のウエハ W の表面での各反射光束をそれぞれスリットを介して受光する受光光学系 14 とから成る斜入射方式の多点フォーカス検出系が、投影光学系 P L を支える支持部（図示省略）に固定されている。この多点フォーカス検出系（13、14）としては、例えば特開平 5-190423 号公報に開示されるものと同様の構成のものが用いられ、ステージ制御系 19 はこの多点フォーカス検出系（13、14）からのウエハ位置情報に基づいてウエハホルダ 25 を Z 方向及び傾斜方向に駆動する。

【0053】

以上のように構成された露光装置 100 では、以下のようにしてウエハ W 上に

形成された所定のマークMX, MYのウエハW上における位置を検出する。なお、マークMX, MYの位置検出の前提として、マークMX, MYは、前層までプロセス（例えば、第1層目のプロセス）で既にウエハW上に形成されているものとする。また、かかるウエハWの表面上に所定の材質からなる膜が、例えば化学的気相成長法（CVD）等によって形成された後にレジスト剤が塗布されたウエハWがウエハホルダ25に不図示のウエハロードによってロードされており、主制御系20によるステージ制御系19を介したウエハWの移動により、アライメント顕微鏡40Xの観察視野内に各マークMX, MYを入れることができるように、粗い精度の位置合わせ（プリアライメント）が既に行われているものとする。こうした、プリアライメントは、ウエハWの外形の観察や、広い視野でのウエハマークWMの観察結果及びウエハ干渉計18からの位置情報（又は速度情報）に基づいて、主制御系20（より詳しくは、制御装置39）によってステージ制御系19を介して行なわれる。

【0054】

また、選択された所定数（以下、M個とする）のX位置検出用マーク MX_i （ $i = 1 \sim M$ ）のウエハW上におけるX位置、及び選択された所定数（以下、N個とする）のY位置検出用マーク MY_h （ $h = 1 \sim N$ ）のウエハW上におけるY位置を検出するものとする。また、ウエハW上におけるマークMX, MYの形成領域は、各境界面及びレジスト層57表面の平坦度を除いて、前述の図3（A）と同様に構成されているものとする。

【0055】

次に、X位置検出用マーク MX_i 及びY位置検出用マーク MY_h の位置検出を、主に図5に示されるフローチャートに基づきながら、適宜他の図面を参照しつつ説明する。

【0056】

選択されたM個のマーク MX_i （ $i = 1 \sim M$ ）の位置検出にあたって、まず、図5のステップ201において、初期テンプレート（初期波形テンプレート及び初期確率テンプレート）生成用に、選択されたX位置検出用マーク MX_i 以外の複数個（本実施形態では3個）のマークMXをアライメント顕微鏡ASXによっ

て撮像する。そして、制御装置 3 9 からの指示に応じて、撮像データ収集装置 3 7 が入力した撮像データ I M D を撮像データ格納領域 4 1 に格納することにより、撮像データ I M D が収集される。

【 0 0 5 7 】

収集された撮像データ I M D は、撮像対象となったマーク M X が理想的に形成されていれば、前述の図 3 (B) の理想的な信号波形となるが、実際には、図 3 (A) において各境界面及びレジスト層 5 7 表面が理想的に平坦ではない等、マーク M X が理想的に形成されているとは限らない。このため、例えば、現実に計測される信号波形は、図 6 (A) ~ (C) において実線で示される様な波形となる。なお、図 6 (A) ~ (C) では、図 3 (B) に示された設計上の理想的な信号波形が点線で示されている。

【 0 0 5 8 】

以下、ステップ 2 0 1 において、図 6 (A) ~ (C) に示された 3 個の信号波形が計測されたものとして説明する。

【 0 0 5 9 】

次に、図 5 のステップ 2 0 3 において、制御装置 3 9 からの指示に応じて、テンプレート生成装置 3 2 が、初期波形テンプレート及び初期確率テンプレートを生成する。かかる初期波形テンプレート及び初期確率テンプレートの生成にあたって、テンプレート生成装置 3 2 は、まず、計測された 3 個の信号波形の撮像データを格納領域 4 1 から読み出す。

【 0 0 6 0 】

ところで、図 6 (A) ~ (C) に示された信号波形は、X 軸空間において、実際に計測された 3 つの異なる信号波形がそれぞれ示されたものであるが、実際に計測された信号波形は、それぞれの形成位置が互いに異なるので、異なる条件下で計測される可能性もある。そのため、互いに対応する位置 (図 6 (A) ~ (C) では横軸位置 (X 位置)) でそれぞれの信号波形を比較したり、合成したりするために、それぞれの信号波形における X 位置の対応をとることが必要である。

【 0 0 6 1 】

そこで、テンプレート生成装置 3 2 では、格納領域 4 1 から読み出された撮像

データに対応する各信号波形について、図3(B)に示された設計上の信号波形をテンプレートとして、最もマッチング度(照合度)が高い位置を各信号波形の元になった各マークMXの位置とする。この場合のテンプレートマッチングには、テンプレートの波形すなわち設計上の理想的な信号波形をWD(X)と各信号波形をWT_k(X)(k=1~3)との正規化相関演算を、各信号波形をWT_k(X)をX軸方向に移動させながら行う。すなわち、正規化相関演算を行うX範囲を十分小さなXS以上かつ十分大きなXE(=XS+n・ΔX(n:定数、ΔX:撮像データにおけるX方向の画素ピッチ)以下とし、また、X位置パラメータをδXとして、相関係数CT_k(δX)を、

【0062】

【数1】

$$CT_k(\delta X) = \sum_{j=0}^n \{WD(XS+j \cdot \Delta X) \cdot WT_k(XS+j \cdot \Delta X + \delta X)\} \dots (2)$$

【0063】

によって求める。そして、相関係数CT_k(δX)がそれぞれ最大となる値δX_kを求め、各信号波形WT_k(X)をX方向に値δX_kだけ平行移動させて、それぞれの信号波形WT_k(X)におけるX位置の対応をとる。すなわち、理想的な信号波形WD(X)を介して、信号波形WT_k(X)について互いにX位置の対応をとる。こうして、X位置について対応のとられた信号波形を、X位置について対応のとられる前の信号波形の表記と同様となるが、以後「WT_k(X)」と表すことにする。

【0064】

次に、テンプレート生成装置32が、信号波形WT_k(X)に基づいて、各X位置における光強度WT_k(X)の平均値μ₀(X)を、

【0065】

【数 2】

$$\mu_0(X) = \left(\sum_{k=1}^3 WT_k(X) \right) / 3 \quad \dots (3)$$

【0 0 6 6】

によって求め、求められた各X位置における平均値 $\mu_0(X)$ を波形テンプレート格納領域 4 2 に格納する。以後、各X位置における平均値 $\mu_0(X)$ の集合を初期波形テンプレート $\mu_0(X)$ という。引き続き、テンプレート生成装置 3 2 が、信号波形 $WT_k(X)$ 及び平均値 $\mu_0(X)$ に基づいて、各X位置における光強度 $WT_k(X)$ の標準偏差 $\sigma_0(X)$ を、

【0 0 6 7】

【数 3】

$$\sigma_0(X) = \left[\left\{ \sum_{k=1}^3 (WT_k(X) - \mu_0(X))^2 \right\} / 3 \right]^{1/2} \quad \dots (4)$$

【0 0 6 8】

によって求め、求められた各X位置における標準偏差 $\sigma_0(X)$ を確率テンプレート格納領域 4 3 に格納する。以後、各X位置における標準偏差 $\sigma_0(X)$ の集合を初期確率テンプレート $\sigma_0(X)$ という。以上のようにして得られた初期波形テンプレート $\mu_0(X)$ が図 7 (A) に示され、また、初期確率テンプレート $\sigma_0(X)$ が図 7 (B) に示されている。

【0 0 6 9】

ところで、図 6 (A) ~ (C) から、各信号波形 $WT_k(X)$ では、光強度 I が最小値又はこれと近い値となる波形の谷部（例えば、X位置が X_2 付近）における光強度の計測値のバラツキは小さいが、光強度 I が最大値又はこれと近い値となる波形の第 1 の山部（例えば、X位置が X_1 付近）における光強度の計測値のバラツキは、前記の谷部よりも大きくなっている。そして、光強度 I が最大値と大きく異なった極大値となる波形の第 2 の山部（例えば、X位置が X_3 付近）における光強度の計測値のバラツキは、前記の第 1 山部よりも更に大きくなって

【 0 0 7 9 】

によって、X位置パラメータ δX を変化させながら、各X位置パラメータ値毎に求める。(6)式から分かるように、マーク MX_1 に関する相関係数 $CR_1(\delta X)$ の算出では、各X位置における波形テンプレート $\mu_0(X)$ の値すなわち各X位置における信号波形の期待値の生起確率の推定値に比例する値($1/\sigma_0(X)$)を各X位置における重みとして、相関係数 $CR_1(\delta X)$ を算出している。すなわち、期待値 $\mu_0(X)$ の生起確率が高い場合には重みを大きくし、期待値 $\mu_0(X)$ の生起確率が低い場合には重みを小さくして、相関係数 $CR_1(\delta X)$ を算出している。この結果、波形テンプレート $\mu_0(X)$ の生成に使用された複数の信号波形 $WT_k(X)$ において、どの信号波形においても安定して期待値近傍の光強度であるようなX位置(例えば、図6におけるX位置 X_2)では重みが大きくなり、また、計測された光強度にバラツキがあるX位置(例えば、図6におけるX位置 X_3)では重みが小さくなる。このため、波形テンプレート $\mu_0(X)$ の生成に使用された複数の信号波形 $WT_k(X)$ に対応するパターン情報の全てを合理的に反映した相関係数 $CR_1(\delta X)$ が、(6)式によって得られるようになっている。

【 0 0 8 0 】

この結果、マーク MX_1 の信号波形が、図9(A)及び図9(B)において実線で示される様なものであったとき、(2)式で求められる相関係数によりマッチング度が最大であると判断される場合が、図9(A)において破線で示されるような波形テンプレート $\mu_0(X)$ との関係となる場合であっても、(6)式で求められる相関係数によりマッチング度が最大であると判断される場合が、図9(B)において示されるような波形テンプレート $\mu_0(X)$ との関係となる。すなわち、波形テンプレート $\mu_0(X)$ の生成に使用された信号波形 $WT_k(X)$ において、どの信号波形においても安定して期待値近傍の光強度であるようなX位置が重視されたマッチング度によって、マッチング度の判定が行われる。

【 0 0 8 1 】

そして、マッチング判定装置33は、相関係数 $CR_1(\delta X)$ が最大となるX位置パラメータ値 δX_{MAX1} を求め、パターンマッチング結果格納領域44に格納

する。こうして、マーク MX_1 に関する信号波形のテンプレートマッチングが終了する。

【0082】

次いで、図5のステップ211において、制御装置39からの指示に応じて、テンプレート生成装置32が、波形テンプレート及び確率テンプレートを更新する。かかる更新にあたって、テンプレート生成装置32は、まず、マーク MX_1 の撮像データ、初期波形テンプレート $\mu_0(X)$ 、及びパターンマッチング結果 δX_{MAX1} を、撮像データ格納領域41、波形テンプレート格納領域42、及びパターンマッチング結果格納領域44から読み出す。

【0083】

引き続き、テンプレート生成装置32は、読み出した撮像データに対応するマーク MX_1 の信号波形 $WP_1(X)$ 、初期波形テンプレート $\mu_0(X)$ 、及びパターンマッチング結果 δX_{MAX1} に基づいて、新たな波形テンプレート $\mu_1(X)$ を、

$$\mu_1(X) = \{ 3\mu_0(X) + WP_1(X + \delta X_{MAX1}) \} / (3 + 1) \quad \dots (7)$$

によって算出する。そして、テンプレート生成装置32は、算出された新たな波形テンプレート $\mu_1(X)$ を、波形テンプレート格納領域42に格納する。

【0084】

次いで、テンプレート生成装置32は、確率テンプレート格納領域43から初期確率テンプレート $\sigma_0(X)$ を読み出し、信号波形 $WP_1(X)$ 、初期波形テンプレート $\mu_0(X)$ 、新たな波形テンプレート $\mu_1(X)$ 、初期確率テンプレート $\sigma_0(X)$ 、及びパターンマッチング結果 δX_{MAX1} に基づいて、新たな確率テンプレート $\sigma_1(X)$ を、

【0085】

【数 6】

$$\sigma_1(X) = [\{3\sigma_0(X)^2 + 4(\mu_1(X) - \mu_0(X))^2 + (WP_1(X + \delta_{MAX1}) - \mu_1(X))^2\} / 4]^{1/2} \quad \dots (8)$$

【0 0 8 6】

によって算出する。そして、テンプレート生成装置 3 2 は、算出された新たな確率テンプレート $\sigma_1(X)$ を、確率テンプレート格納領域 4 3 に格納する。

【0 0 8 7】

すなわち、テンプレート生成装置 3 2 は、初期波形テンプレート $\mu_0(X)$ 及び初期確率テンプレート $\sigma_0(X)$ の生成に使用された 3 個の信号波形 $WT_k(X)$ ($k=1\sim 3$) に新たな信号波形 $WP_1(X)$ を加えた 4 個の信号波形に基づいて、新たな波形テンプレート $\mu_1(X)$ 及び新たな確率テンプレート $\sigma_1(X)$ を生成し、波形テンプレート及び確率テンプレートを初期波形テンプレート $\mu_0(X)$ 及び初期確率テンプレート $\sigma_0(X)$ から新たな波形テンプレート $\mu_1(X)$ 及び新たな確率テンプレート $\sigma_1(X)$ に更新する。この結果、信号波形 $WP_1(X)$ が、信号波形 $WT_k(X)$ のいずれとも異なる傾向の信号波形の場合には、信号波形 $WP_1(X)$ の傾向が反映された波形テンプレート $\mu_1(X)$ 及び確率テンプレート $\sigma_1(X)$ を得ることができ、初期波形テンプレート $\mu_0(X)$ 及び初期確率テンプレート $\sigma_0(X)$ よりも実際の確率分布を反映した波形テンプレート $\mu_1(X)$ 及び確率テンプレート $\sigma_1(X)$ を得ることができる。また、信号波形 $WP_1(X)$ が、信号波形 $WT_k(X)$ のいずれかの信号波形と同様の場合にも、初期波形テンプレート $\mu_0(X)$ 及び初期確率テンプレート $\sigma_0(X)$ よりも実際の確率分布に近い波形テンプレート及び確率テンプレートを得ることができる。

【0 0 8 8】

次に、ステップ 2 1 3 において、制御装置 3 9 からの指示に応じて、マーク位置算出装置 3 8 が、マーク MX_1 の位置を算出する。この位置算出において、マーク位置算出装置 3 8 は、まず、ウェハ干渉計 1 8 からステージ制御系 1 9 を介

して供給された、マーク MX_1 の撮像時におけるウエハWの位置情報（速度情報） WPV を取り込むとともに、パターンマッチング結果格納領域44からテンプレートマッチング結果 δX_{MAX1} を読み出す。そして、位置情報（速度情報） WPV から抽出されるウエハWのX位置とテンプレートマッチング結果 δX_{MAX1} とに基づいて、マーク位置算出装置38は、ウエハW上におけるマーク MX_1 のX位置 PX_1 を求め、マーク位置格納領域45に格納する。こうして、ウエハW上におけるマーク MX_1 のX位置 PX_1 が終了する。

【0089】

次に、ステップ215において、選択されたM個のマーク MX_i の全てのX位置検出が完了したか否かが判定される。以上では、1個のマーク MX_1 のみについてX位置が検出されただけなので、ステップ215における判定は否定的なものとなり、ステップ217に処理が移行する。

【0090】

ステップ217では、制御装置39が、次のマークすなわち第2のマーク MX_2 がアライメント顕微鏡ASの撮像視野に入る位置にウエハWを移動させる。かかるウエハWの移動は、制御装置39が、プリアライメント結果に基づいて、ステージ制御系10を介してウエハ駆動装置24を制御し、ウエハステージWSTを移動させることにより行われる。

【0091】

以後、ステップ215において、選択されたM個のマーク MX_i の全てのX位置検出が完了したと判定されるまで、マーク MX_i ($i=2\sim M$) のX位置が、前回の位置検出にあたって更新された波形テンプレート $\mu_{i-1}(X)$ 及び確率テンプレート $\sigma_{i-1}(X)$ を使用して、マーク MX_1 の場合と同様に検出される。なお、マーク MX_i のX位置検出の際にステップ211で行われる新たな波形テンプレート $\mu_i(X)$ 及び確率テンプレート $\sigma_i(X)$ の生成は、

【0092】

【数 7】

$$\mu_i(X) = \{(2+i) \cdot \mu_{i-1} + WP_i(X + \delta X_{MAXi})\} / (3+i) \quad \dots (9)$$

【0093】

【数 8】

$$\sigma_i(X) = [\{(2+i) \cdot \sigma_{i-1}(X)^2 + (3+i) \cdot (\mu_i(X) - \mu_{i-1}(X))^2 + (WP_i(X + \delta X_{MAXi}) - \mu_i(X))^2\} / (3+i)]^{1/2} \quad \dots (10)$$

【0094】

を算出することによって行われる。

【0095】

こうして、選択されたM個のマークMX_i (i = 1 ~ M) の全てのX位置検出が完了し、そのことがステップ215において判定されると、X位置検出用マークMXに関する位置検出が終了する。

【0096】

次に、Y位置検出用マークMY_h (h = 1 ~ N) のウエハW上におけるY位置の検出が、上述のX位置検出用マークMX_i (i = 1 ~ M) のウエハW上におけるX位置の検出と同様にして行われる。こうして、マーク位置格納領域45に、マークMX_iのX位置PX_i及びマークMY_hのY位置PY_hが格納される。こうして、選択されたマークMX_i, MY_hの位置検出が終了する。

【0097】

引き続き、制御装置39が、X位置PX_i及びY位置PY_hをマーク位置格納領域45から読み出す。そして、X位置PX_i及びY位置PY_hに基づいて、例えば特開昭61-44429号公報に開示される統計演算によりウエハW上のショット領域SAの配列座標を算出する。

【0098】

そして、制御装置39の制御の下で、求められたショット領域配列に基づいて

、レチクルRにおけるスリット状の照明領域（中心は光軸AXとほぼ一致）を照明光ILにより照明した状態で、ウエハWとレチクルRとを走査方向（Y方向）に沿って互いに逆向きに、投影倍率に応じた速度比で同期移動させる。これにより、レチクルRのパターン領域のパターンがウエハW上のショット領域上に縮小転写される。

【0099】

以上のように、本実施形態の露光装置100では、波形テンプレート及び確率テンプレートを使用し、パターンマッチング（正準正規化相関）のときに、正準化された重みの積和で計算することにより、各位置の情報の位置検出有意性を考慮した相関サーチを行うので、位置合わせマークMX、MYのウエハWにおける位置を精度良く検出することができる。

【0100】

また、位置合わせマークMX、MYの位置検出にあたって、撮像データに関するエッジ検出、2値化、ピーク検出等が不要になり、ノイズロバスト性が高く、精度の良い位置検出が可能になる。

【0101】

また、マークの位置検出毎に、波形テンプレート及び確率テンプレートを、そのマークに関するパターンマッチングに使用した波形テンプレート及び確率テンプレートから、そのマークに関する信号波形を更に加えて生成した波形テンプレート及び確率テンプレートに更新するので、マッチング精度の良いパターンマッチングを行うことが可能になる。

【0102】

また、精度良く検出された位置合わせマークMX、MYの位置に基づいて、ウエハWの位置合わせを行うので、精度の良い位置合わせが可能となる。

【0103】

また、精度良くウエハWを位置合わせしつつ露光を行うので、レチクルRのパターン領域のパターンがウエハW上のショット領域上に精度良く転写することが可能となる。

【0104】

なお、上記の実施形態では、初期波形テンプレート及び初期確率テンプレートの生成のために、予め3個の信号波形を計測したが、複数であれば、2個の信号波形でもよいし、また、4個以上の信号波形でもよい。

【0105】

また、上記の実施形態では、位置検出用マークとしてラインアンドスペースマークを使用し、各マークの1次元位置を検出したが、他の種類のマークを使用してもよい。例えば、ボックスインボックスマークを使用して、各マークの2次元位置を検出してもよい。

【0106】

また、上記の実施形態では、走査型露光装置の場合を説明したが、本発明は、紫外線を光源にする縮小投影露光装置、波長10nm前後の軟X線を光源にする縮小投影露光装置、波長1nm前後を光源にするX線露光装置、EB（電子ビーム）やイオンビームによる露光装置などあらゆるウエハ露光装置、液晶露光装置等に適用できる。また、ステップ・アンド・リピート機、ステップ・アンド・スキャン機、ステップ・アンド・スティッチング機を問わない。

【0107】

また、上記の実施形態では、露光装置におけるウエハ上の位置合わせマークの位置検出及びウエハの位置合わせの場合を説明したが、本発明を適用した位置検出や位置合わせは、レチクル上の位置合わせマークの位置検出やレチクルの位置合わせに用いることもでき、更に、露光装置以外の装置、例えば物体の観察装置、工場の組み立てライン、加工ライン、検査ラインにおける対象物の位置決め装置等における物体の位置検出やその物体の位置合わせに用いることもできる。

【0108】

また、本発明を適用したパターンマッチングは、ウエハ上のマークの信号波形に限らず、計測された信号波形によってテンプレートを生成し、テンプレートマッチングを行うパターンマッチングであれば、計測対象を問わない。また、信号値が位置に応じて変化する場合は、例えば時間的に信号値が変化する信号波形についても、本発明のパターンマッチングを適用することができる。

【0109】

また、テンプレートパターンの生成にあたって推定する確率分布は正規分布のみには限られない。パラメータのそれぞれの値における信号波形値について、正規分布よりも適切な確率分布が知られている場合には、その確率分布に基づいて、波形テンプレートと確率テンプレートとを生成すればよい。

【0 1 1 0】

【発明の効果】

以上、詳細に説明した様に、本発明の第 1 のパターンマッチング方法によれば、波形テンプレートを使用して新たな信号波形のテンプレートマッチングを行うにあたって、パラメータの各値における波形テンプレートの値すなわちパラメータの各値において計測された信号値の期待値の生起確率に応じて、テンプレートマッチングのための相関演算におけるパラメータの各値に重みを変化ので、波形テンプレートの生成に使用された複数の実測された信号波形に対応するパターン情報の全てが合理的に反映して、パターンマッチングを行うことができる。

【0 1 1 1】

また、本発明の第 2 のパターンマッチング方法によれば、新たな信号波形の計測毎にその新たな信号波形を更に加えてテンプレートを生成するので、テンプレートの生成に使用された信号波形としては反映されていなかった形状の信号波形が新たに計測された場合には、次に同様の信号波形が計測された場合においてマッチング精度良くテンプレートマッチングを行うことができる。

【0 1 1 2】

また、本発明のパターンマッチング装置によれば、本発明のパターンマッチング方法を使用してパターンマッチングを行うので、精度の良いパターンマッチングを行うことができる。

【0 1 1 3】

また、本発明の位置検出方法によれば、計測された信号波形を使用して、本発明のパターンマッチング方法によって、波形テンプレート及び確率テンプレートを生成してテンプレートマッチングを行い、位置検出対象である特定マークの位置を検出するので、精度良く位置検出を行うことができる。

【0 1 1 4】

また、本発明の位置検出装置によれば、本発明の位置検出方法を使用して、位置検出対象である特定マークの位置を検出するので、特定マークの位置を精度良く検出することができる。

【0 1 1 5】

また、本発明の位置合わせ方法によれば、本発明の位置検出方法によって検出された特定マークの位置に基づいて、特定マークが形成された被検体を精度良く位置合わせすることができる。

【0 1 1 6】

また、本発明の露光方法によれば、本発明の位置検出方法を使用して、基板に形成された所定数の位置合わせマークの位置を検出し、その検出結果に基づいて基板の位置合わせを行いつつ、区画領域に所定パターンを転写するので、所定パターンを精度良く区画領域に転写することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

一実施形態の露光装置の概略構成を示す図である。

【図 2】

図 2 (A) 及び図 2 (B) は、位置合わせマークの例を説明するための図である。

【図 3】

図 3 (A) 及び図 3 (B) は、位置合わせマーク形成部の構成例と位置合わせマークの理想的な撮像結果を説明するための図である。

【図 4】

主制御系の概略構成を示す図である。

【図 5】

マークの位置検出動作を説明するためのフローチャートである。

【図 6】

図 6 (A) ～図 6 (C) は、実際に計測された信号波形の形状を説明するための図である。

【図 7】

図 7 (A) 及び図 7 (B) は、初期波形テンプレートと初期確率テンプレートとを説明するための図である。

【図 8】

各位置における光強度の確率分布を説明するための図である。

【図 9】

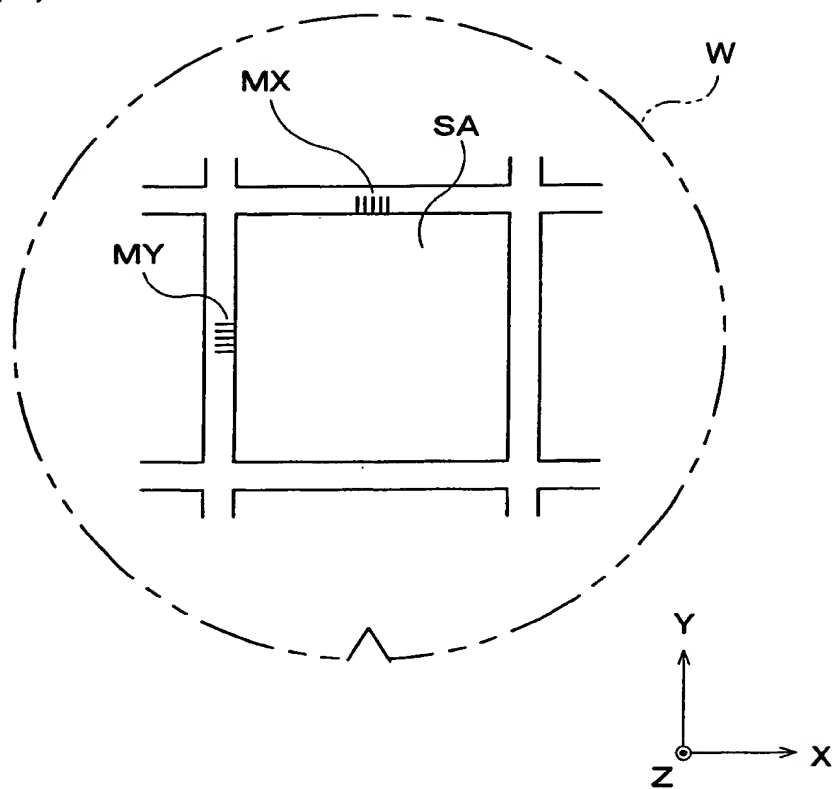
テンプレートマッチングを説明するための図である。

【符号の説明】

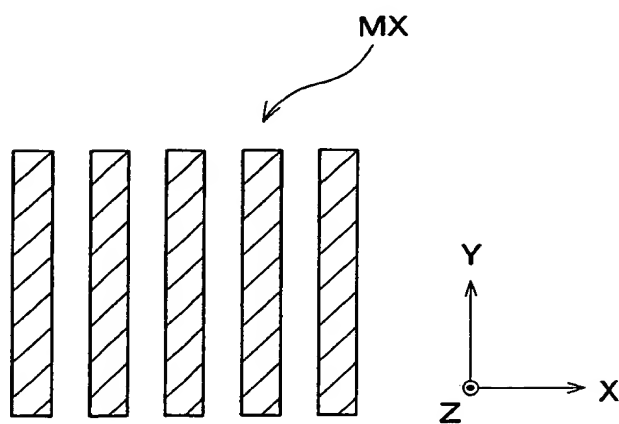
3 1 …パターンマッチング装置、3 2 …テンプレート生成装置、3 3 …マッチング判定装置、3 6 …位置演算装置（位置検出装置の一部）、3 7 …撮像データ収集装置（計測装置の一部）、3 8 …マーク位置算出装置（処理装置）、A S …アライメント顕微鏡（撮像装置、計測装置の一部、位置検出装置の一部）、R …レチクル（マスク）、W …ウエハ（基板、被検体）。

【図 2】

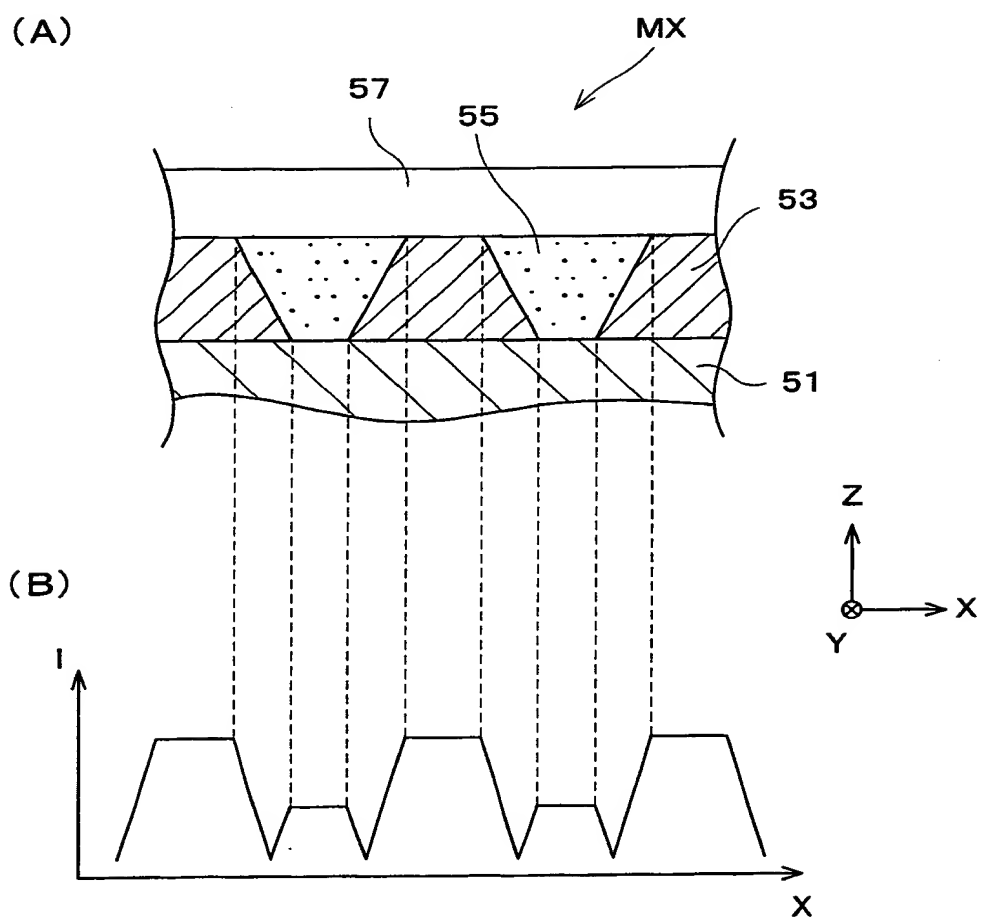
(A)



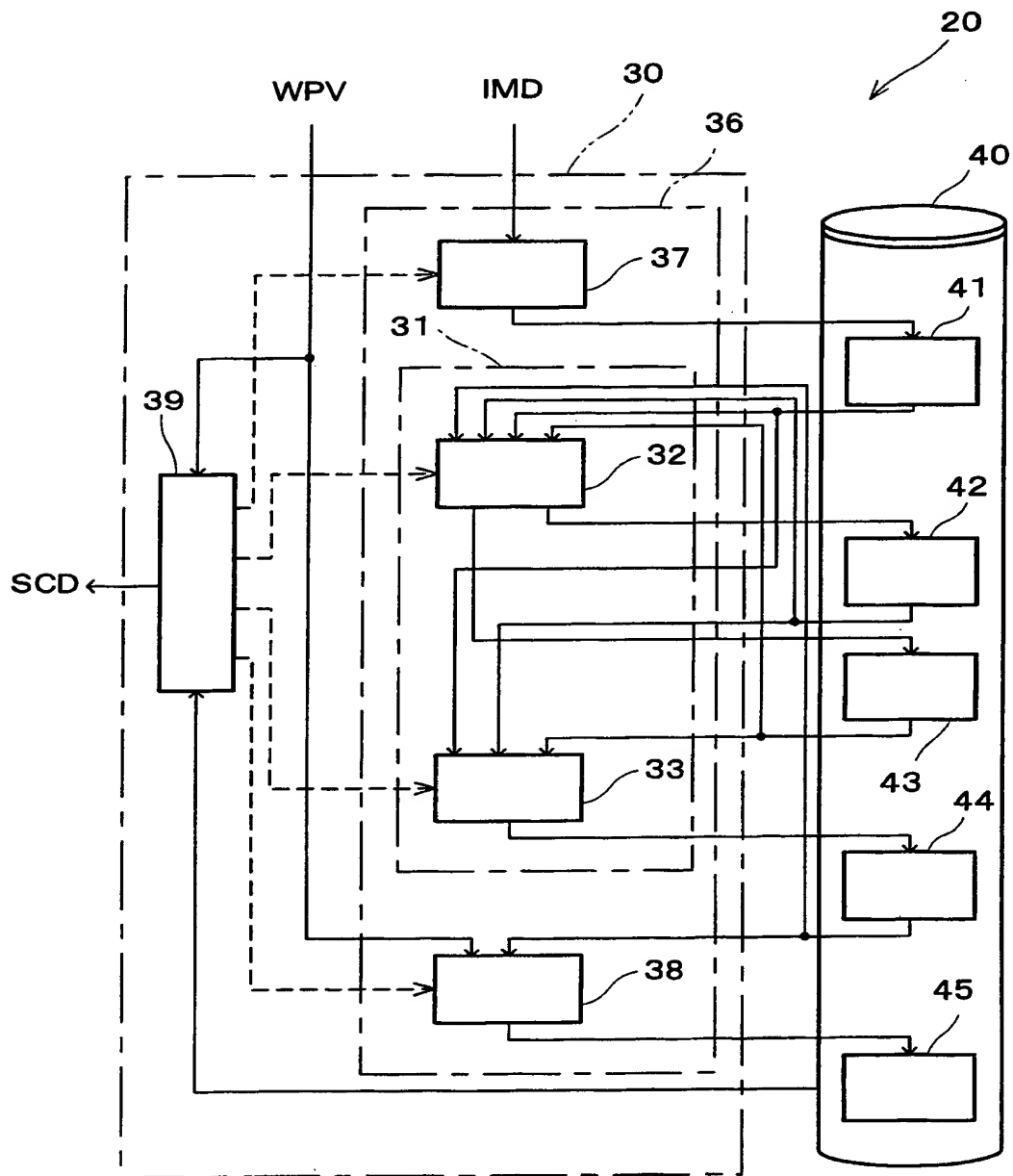
(B)



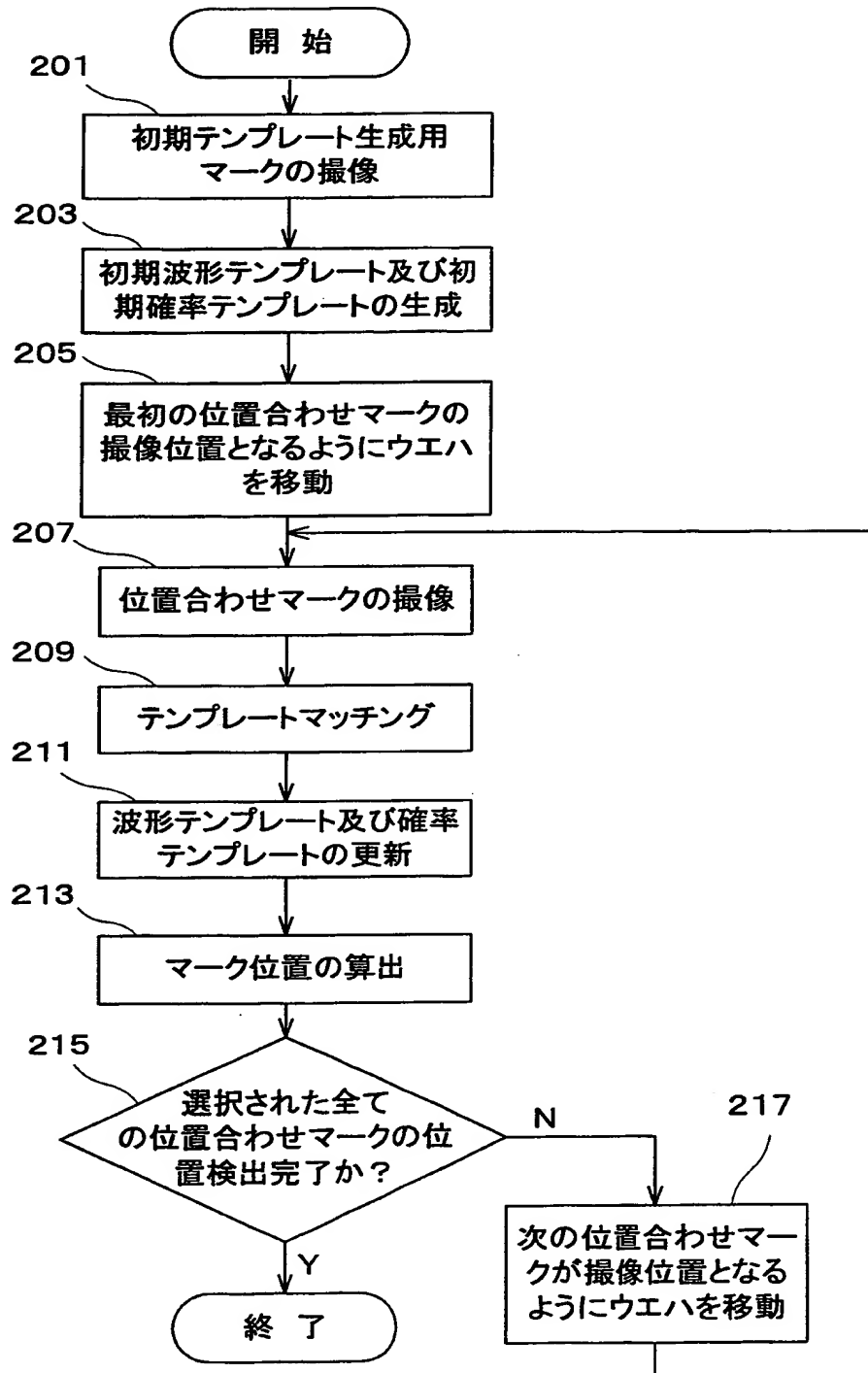
【図 3】



【図4】

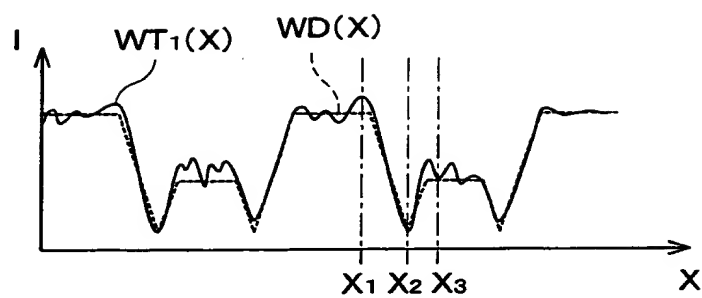


【図 5】

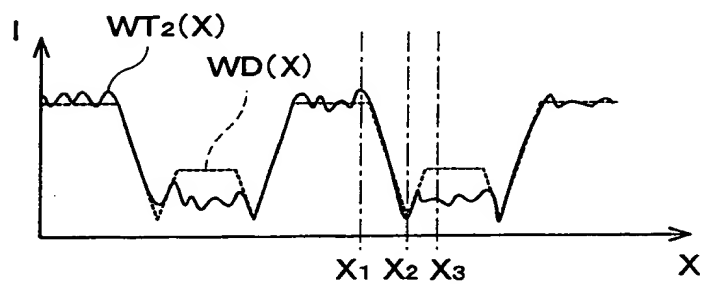


【図 6】

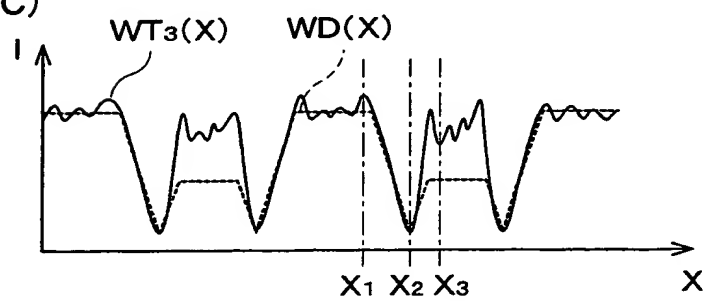
(A)



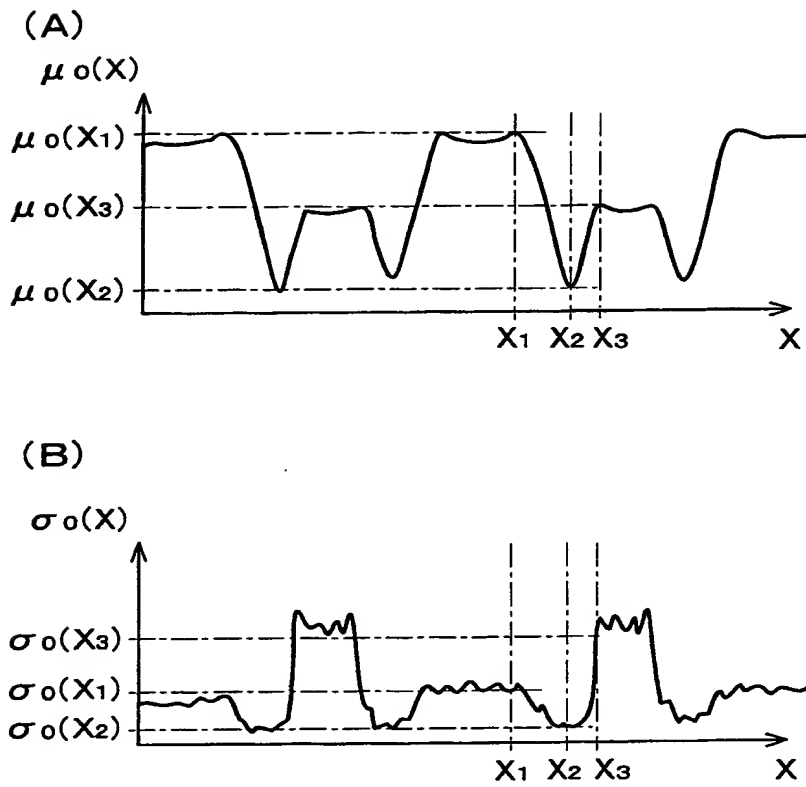
(B)



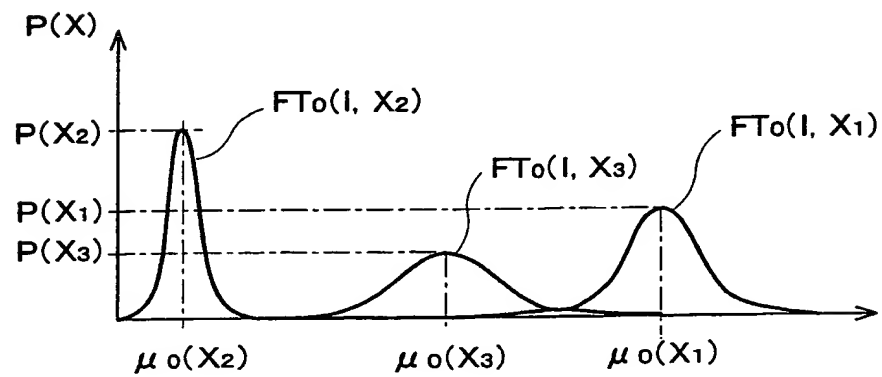
(C)



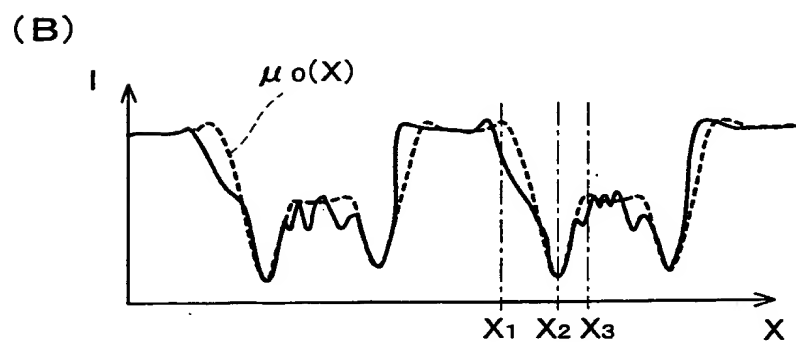
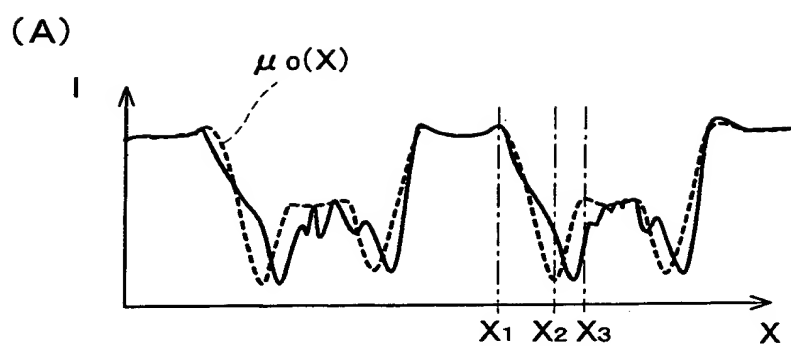
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 パラメータの値の変化に応じて変化する信号の波形について、マッチング精度を向上したテンプレートマッチングを行う。

【解決手段】 テンプレート生成装置 32 が、計測された複数の信号波形に基づいて、パラメータの値それぞれにおける信号波形の期待値から成る波形テンプレートと、パラメータの値それぞれにおいて期待値が出現する生起確率情報から成る確率テンプレートとを生成する。そして、マッチング判定装置 33 が、確率テンプレートにおける期待値の生起確率情報をパラメータの各値における重み情報としつつ、計測された新たな信号波形のテンプレートマッチングを行う。また、テンプレート生成装置 32 が、計測された新たな信号波形を更に考慮した波形テンプレートと確率テンプレートとを生成し、次のパターンマッチングの準備を行う。

【選択図】 図 4

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第008986号
受付番号	59900035885
書類名	特許願
担当官	坪 政光 8844
作成日	平成11年 4月27日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成11年 1月18日
【特許出願人】	
【識別番号】	000004112
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
【氏名又は名称】	株式会社ニコン
【代理人】	申請人
【識別番号】	100102901
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿5-1-15 新宿MMビル
【氏名又は名称】	立石・川北国際特許事務所
【代理人】	立石 篤司
【識別番号】	100099793
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿5-1-15 新宿MMビル
【氏名又は名称】	立石・川北国際特許事務所
【代理人】	川北 喜十郎

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004112]

1. 変更年月日

1990年 8月29日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名

株式会社ニコン